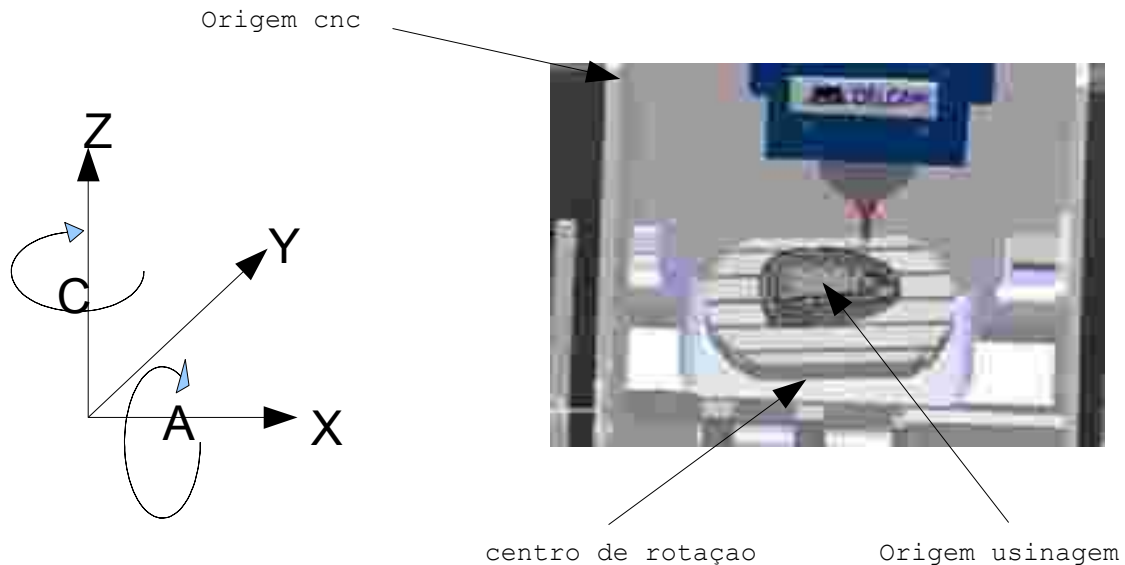


Desenvolvimento de um programa macro de roto-traslção

E' possvel escrever um programa macro vlido para todos os tipos de cnc. A matemtica nos ensina que escrevendo uma matriz 3*3 é possvel realizar isto. Na realidade   mais pratico escrever um programa especifico: É o que vou fazer, considerando uma cnc 5 eixos como da figura com mesa rotativa e basculante.



E' claro que os conceitos expostos serão vlidos tambm para qualquer cnc. (A rotação ao redor do eixo X chama-se A, a rotação ao redor do eixo Z chama-se C).

Tendo uma calculadora   possvel calcular uma origem roto-traslada no espaço. Mas tem sempre a possibilidade de um erro: a macro rende a operação automática e sem erro, poi uma vez verificada podemos ter certeza dos resultados.

Vamos começar então.

E' claro que as formulas encontradas (ver trigonometria) são o nosso ponto de partida.

$$\begin{aligned} X2 &= A + X*\cos(c) - Y*\sin(c) \\ Y2 &= B + (X*\sin(c) + Y*\cos(c)) * \cos(a) - Z*\sin(a) \\ Z2 &= C + (X*\sin(c) + Y*\cos(c)) * \sin(a) + Z*\cos(a) \end{aligned}$$

Resolver as equações significa achar o ponto de coordenada X2, Y2, Z2. Este ponto depende dos valores de X, Y, Z, a, c, pois é preciso expressar esses argumentos em dependência da origem da cnc. O ponto faz parte de um sistema de coordenada peça (por exemplo G54) que fica dentro o sistema de coordenada da cnc (G53). Alem disso lembramos que qualquer ponto vai subir uma rotação e uma traslação em referimento ao centro de rotação da mesa basculante e rotativa. Escrever a macro não   difícil,   mais problemático expressar o ponto (X,Y,Z) em relação ao ponto de rotação da cnc lembrando de usar o G53.

Um passo por vez!

Um passo por vez!

Vamos escolher o tipo de chamada macro: código G.
(E' possvel utilizar qualquer tipo de chamada por exemplo G65)

Vamos escolher um numero para o código G: 300

A macro então vai ser G300.

Quais os argumentos da macro?

Os argumentos devem ser os que resolvem as equações, então:

X, Y, Z, ponto

A(a), C(c) rotação eixos

V(origem de referência), W(origem a ser criada)

A nossa macro: G300 X Y Z A C V W

por exemplo G300 X100 Y100 Z100 A10 C-60 V54 W57

significa mudar a origem para o ponto X=100, Y=100, Z=100 executando uma rotação de A=-10° e C=60°. A origem de referimento é G54 a nova origem vai ser G57.

O recurso não modal com código G de uma sub-rotina (O9010-> O9019) só é possível se você atribuir o numero do código G ao parâmetro correspondente (6050 -> 6059).

Isto significa que se usarmos o parâmetro 6055 é preciso usar o programa O9015. Então vamos escolher o programa O9015.

Observe também que a associação argumentos-variáveis não pode ser alterada pelo operador.

X está associado com #24

Y está associado com #25

Z está associado com #26

A está associado com #1

C está associado com #3

V está associado com #22

W está associado com #23

Antes de escrever a macro, vamos achar todos os dados que precisamos.

Centro de rotação.

Pode achar esses valores nos parâmetros da cnc, iremos atribuir as #100 -> 102

#100 = 560 065 (X_ROT)

#101 = -174 989 (Y_ROT)

#102 = -660 164 (Z_ROT)

(Desalinhamento)

Verifique sempre se não há desalinhamento ou você vai ter tida em conta.

O desalinhamento pode depender de muitos fatores: origem calculada no projeto inicial e depois mudada, alinhamento não perfeito durante a montagem, estrutura da cnc.... Os valores se encontram nos parâmetros da cnc.

As vezes estes valores não existem porque incluídos no centro de rotação, outras vezes estão separados. Nós os consideramos nulos então

#103 = 0 (DESAL. X)

#104 = 0 (DESAL. Y)

#105 = 0 (DESAL. Z))

Os valores do centro de rotação e de desalinhamento são característicos de cada cnc: é importante não introduzir valores errados mas aqueles da própria cnc.

Sentido de rotação

O sentido do eixo C é positivo quando o eixo roda no sentido horário olhando do Z+ para Z-. O eixo A é positivo quando roda no sentido horário olhando do X+ para X-.

Origem de referencia.

Para conhecer o sistema de referência utilizado (origem de trabalho), e também para criar a nova origem, podemos ler o valor da variável 4014 que contém o número do sistema ativo no momento.

Mas o problema é: se eu quisesse aplicar o G300 comparado a um sistema que não está ativo? A #4014 não ajuda. Nós usaremos um truque bonito.

(Para não criar muita confusão, consideramos apenas as origens G54->G59, o que não impede de estender o raciocínio para os sistemas opcionais G54.1 P1 -> G54.1 P300). Lembramos que a origem do cnc chama-se G53 (origem maquina). Se realizarmos as seguintes diferenças

$$54-53 = 1$$

$$55-53 = 2$$

$$56-53 = 3$$

$$57-53 = 4$$

$$58-53 = 5$$

$$59-53 = 6$$

obtemos números que podem ser associados as origens:

o número 1 está associada com G54,

o número 2 está associada com G55,

o número 3 está associada com G56,

o número 4 está associada com G57,

o número 5 está associada com G58,

o número 6 está associada com G59,

Há correspondência entre os números 1->6 e as origens G54->G59.

Então podemos escrever

#106 = #22-53 (número associado a origem de referência)

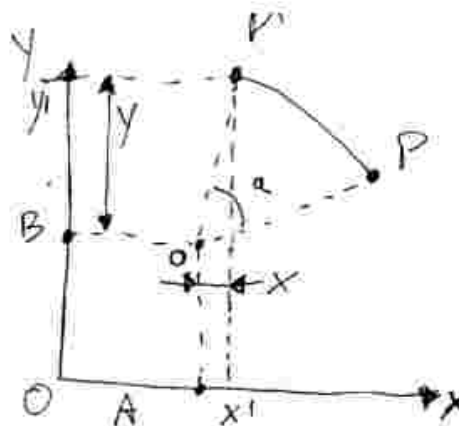
#107 = #23-53 (número associado a nova origem)

por exemplo

#106 = (58-53) = 5 5 é o número associado ao G58

Definidos os dados que precisamos podemos descrever o ponto em questão em relação ao centro de rotação definido na coordenadas da máquina.

O desenho exprime a nossa situação!



A figura mostra o plano XY, o argumento é igualmente válido para o YZ e XZ. O sistema dos eixos cartesianos representa a origem máquina, o ponto O de

coordenadas A e B representa o centro de rotação, o ângulo (a) é a rotação do ponto P a P '. Foi representada a rotação do ponto P.
Nota-se que é irrelevante se considerarmos o ponto que se move com respeito aos eixos ou vice-versa.

Os parâmetros 5201->5324 contêm os offset (deslocamento) das origens em relação a origem máquina. É curioso como eles são espaçados em múltiplos de 20 (devido ao facto que o CN pode controlar até 20 eixos).

```
# 5201 offset externo primeiro eixo
# 5202 offset externo segundo eixo
.....
.....
# 5221 offset primeiro eixo (G54)
# 5222 offset segundo eixo (G54)
...
...
# 5241 offset primeiro eixo (G55)
...
# 5261 offset primeiro eixo (G56)
até G59 e mais.
```

Então é isso. Multiplicar por 20 o valor de #106 e #107, somamos o valor de #5201 e obtemos a variável de origem que nos serve.

```
#120 = #106*20 (fator multiplicativo para a origem de referência)
#121 = #107*20 (fator multiplicativo para a nova origem)
#127 = #[5201 + #120] (origem de referência X)
#128 = #[5202 + #120] (origem de referência Y)
#129 = #[5203 + #120] (origem de referência Z)
```

Muito muito cuidado, não é #5201 + #120, mas #[5201 + # 120].
#127 não é a soma de #5201 + #120, mas o valor associado a variável que a partir de 5201 é incrementado por um número igual a #120, que em última análise, é um fator dependente da nossa origem de referência.

G54-> 1, então #10= 1*20 = 20 então #127 = #[5201+20]= #5221

que representa o offset primeiro eixo de G54 que é o que queríamos!

Precisamos conhecer as origens de usinagem em coordenada da máquina para expressar o valor do ponto em coordenadas da máquina

```
#108 = #127 + #24 (ponto Px)
#109 = #128 + #25 (ponto Py)
#110 = #129 + #26 (ponto Pz)
```

Sabendo o ponto e o centro de rotação pode-se calcular a distância em módulo.

```
#108 = #108 - #100 (ponto_x relatado para o centro de rotação)
#109 = #109 + #101 (ponto_y referido centro de rotação)
#110 = #110 + #102 (ponto_z relatado para o centro de rotação)
```

Finalmente, podemos agora calcular a rotação!

Ainda um pouquinho antes de realizar a macro, pois temos que analisar um aspecto muito importante: a análise dos argumentos.

Nos tutoriais sobre programação paramétrica já expliquei o que significa controlar os argumentos então não vou me repetir.

controle presença argumentos

```
IF[#24EQ#0] THEN #3000=1(FALTA X)
```

```
IF[#25EQ#0] THEN #3000=2(FALTA Y)
IF[#26EQ#0] THEN #3000=3(FALTA Z)
IF[#1EQ#0] THEN #3000=4(FALTA A)
IF[#3EQ#0] THEN #3000=5(FALTA C)
IF[#22EQ#0] THEN #3000=6(FALTA V)
IF[#23EQ#0] THEN #3000=7(FALTA W)
```

Este código verifica a presença dos argumentos, um alarme irá ocorrer se for omitido um o mais argumentos.

Controle valores argumentos

Estabelecer a presença não é tudo, precisa analisar quais valores podem assumir os argumentos. Esquecer este controle (tais como a presença), certamente vai criar um monte de bugs no programa.

X, Y, Z. Podem receber qualquer numero inteiro ou decimal.
Eles não têm limites senão aqueles estabelecidos pela máquina.
Não vamos escrever qualquer procedimento de controle dos eixos.

A e C, também podem receber todos os números inteiros ou decimais assinado. Seus limites são impostos pela configuração máquina.
Para eixos de rotação, é preciso considerar os limites físicos:
o eixo C não tem problema de rotação, o eixo A tem limitação de movimento (não é rotativo mas basculante), vamos supor estes limites: +20°, -105°.
Então podemos escrever

```
IF[#1GT20] THEN #3000=8 (ROTAÇÃO + EXCESSIVA)
IF[#1LT-105] THEN #3000=9 (ROTAÇÃO - EXCESSIVA)
```

V e W podem assumir valores entre 54 e 59, (Foi a nossa escolha), este será o limite das variáveis.
V e W aceitam apenas os valores 54->>59, não podem coincidir caso contrário, você irá substituir a origem de referencia

```
IF [#22LT54] THEN #3000 = 10 (REFERÊNCIA INCORRECTA)
IF [#23LT54] THEN #3000 = 11 (NOVA ORIGEM INCORRECTA)
IF [#22GT59] THEN #3000 = 10 (REFERÊNCIA INCORRECTA)
IF [#23GT59] THEN #3000 = 11 (NOVA ORIGEM INCORRECTA)
```

```
IF [#22EQ #23] THEN #3000 = 12 (ORIGENS COINCIDENTES)
```

Estamos quase no final,
ainda um pouco de análise e iremos escrever o programa macro.

Análise geral: estado da máquina

Escrever um programa macro não é apenas realizar ações, cálculos, deslocamentos .. mas significa, considerar o estado do CNC e ver se o programa o muda. Nossa macro só funciona sobre as origens, não muda nada mais, por isso precisamos apenas preocupar-se com este aspecto (origens).
Comprimento da ferramenta, compensação de raio, as funções, M, tudo isso não nos interessa. Quais funções são ligados diretamente às origens? Estado absoluto e incremental (G90, G91). Nossa macro executa apenas cálculos, o estado de G90 ou G91 em entrada é irrelevante. Mas é importante colocar o G90 na saída macro para evitar confusão no programador. Se quisermos, também podemos controlar a entrada e forçar o estado.

```
IF[4003EQ91] THEN ....(fazer algo)
```

A melhor coisa, neste exemplo, é você definir o G90 antes de sair

```
G90G0G#23
M99
```

Há muitos aspectos a considerar; alguns importantes, outros menos.
Este é um muito importante: o programa deve ser chamado com os eixos A e C a 0.
É portanto necessário controlar a posição dos eixos.

```
#130=#[5204+#120] (origem de referência A)
#131=#[5205+#120] (origem de referência C)
IF[#130NE0] THEN #3000=13(EIXO A NAO 0)
IF[#131NE0] THEN #3000=14(EIXO C NAO 0)
```

Você pode escrever todos os controles que deseja!

Rotação e configuração nova origem de trabalho.

Finalmente, para a solução do problema temos que calcular os valores de cosseno e seno dos ângulos

```
#111=cos[#1]      #112=sin[#1]      #113=cos[#3]      #114=sin[#3]
```

Nós temos tudo que precisamos, simplesmente agora temos que aplicar as fórmulas de roto-traslação. Você se lembra as fórmulas?

```
X2 = A + X*cos(c) - Y*sin(c)
Y2 = B + (X*sin(c) + Y*cos(c))*cos(a) - Z*sin(a)
Z2 = C + (X*sin(c) + Y*cos(c))*sin(a) + Z*cos(a)
```

só temos de substituir e pronto ...

```
#115=[#108*#113]-[#109*#114]
#116=#111*[[#108*#114]+[#109*#113]]-[#110*#112]
#117=#112*[[#108*#114]+[#109*#113]]+[#110*#111]
```

O ponto encontrado é relatado para o centro de rotação.
Vamos convertê-lo para origem máquina.

```
#115=#115+#100
#116=#116+#101
#117=#117+#102
```

Para mostrar visualmente a nova origem vamos posicionar a mesa na nova origem
(não é estritamente necessário mas mostra a nova origem)

G0G#22A#1C#3

Agora é só escrever os valores dos pontos encontrados na origem escolhida
utilizando o procedimento anteriormente visto

```
#[5201+#121]=#115(ORIGEM X)
#[5202+#121]=#116(ORIGEM Y)
#[5203+#121]=#117(ORIGEM Z)
#[5204+#121]=#1(ORIGEM A)
#[5205+#121]=#3(ORIGEM C)
```

vamos estabelecer a nova origem

G0G #23

final da macro
M99

No final, chegou a hora de escrever o programa macro, só precisamos combinar tudo o que escrevemos.

```

O9015 (MACRO ORIGENS VER 1.00)
(Uso: G300 X Y Z A V C W)
(Uso: G65 P9015 X Y Z A V C W)
(EIXOS A=0 C=0)
(X, #24 PONTO X)
(Y, #25 PONTO Y)
(Z, #26 PONTO Z)
(A, #1 ROTAÇÃO EIXO A)
(C, #3 ROTAÇÃO EIXO C)
(V, #22 ORIGEM DE REFERÊNCIA)
(W, #23 NOVA ORIGEM)
(CONTROLE G90/G91)
IF[#4003EQ91] THEN #4003=90
(CONTROLE ARGUMENTOS)
(CONTROLE PONTO)
IF[#24EQ0] THEN #3000=1 (FALTA X)
IF[#25EQ0] THEN #3000=2 (FALTA Y)
IF[#26EQ0] THEN #3000=3 (FALTA Z)
(CONTROLE PRESENÇA EIXOS)
IF[#1EQ#0] THEN #3000=4 (FALTA A)
IF[#3EQ#0] THEN #3000=5 (FALTA C)
(CONTROLE VALOR ANGULOS)
IF[#1GT20] THEN #3000=6 (ROTAÇÃO + EXCESSIVA)
IF[#1LT-105] THEN #3000=7 (ROTAÇÃO - EXCESSIVA)
(CONTROLES PRESENÇA ORIGENS)
IF[#22EQ0] THEN #3000=8 (FALTA V)
IF[#23EQ0] THEN #3000=9 (FALTA W)
(CONTROLE VALOR ORIGENS)
IF[#22LT54] THEN #3000=10 (REFERÊNCIA INCORRECTA)
IF[#23LT54] THEN #3000=11 (NOVA ORIGEM INCORRECTA)
IF[#22GT59] THEN #3000=10 (REFERÊNCIA INCORRECTA)
IF[#23GT59] THEN #3000=11 (NOVA ORIGEM INCORRECTA)
IF[#22EQ #23] THEN #3000=12 (ORIGENS COINCIDENTES)
(CONTROLE ANGULO INICIAL MESA)
#130=#[5204+#120] (A)
#131=#[5205+#120] (C)
IF[#130NE0] THEN #3000=13 (A NAO 0)
IF[#131NE0] THEN #3000=14 (C NAO 0)
(CENTRO DE ROTACAO)
#100=560.065 (X_ROT)
#101=-174 989 (Y_ROT)
#102=-660 164 (Z_ROT)
(DESALINHAMENTO)
#103=0 (DESAL. X)
#104=0 (DESAL. Y)
#105=0 (DESAL. Z)
(ORIGEM DE REFERENCIA)
#106=#22-53
(NOVA ORIGEM)
#107=#23-53
(FATOR MULTIPLICACAO ORIGENS)
#120=#106*20
#121=#107*20
(COORDENADAS CNC, G53)
#127=#[5201+#120] (X)
#128=#[5202+#120] (Y)
#129=#[5203+#120] (Z)
(PONTO RELATADO A G53)
#108=#127+#24 (X)
#109=#128+#25 (Y)
#110=#129+#26 (Z)
(PONTO RELATADO AO CENTRO DE ROTACAO)

```

```

#108=#108+#103-#100
#109=#109+#104+#101
#110=#110+#105+#102
(SENO E COSSENO)
#111=cos[#1]
#112=sin[#1]
#113=cos[#3]
#114=sin[#3]
(ROTACAO)
#115=[#108*#113]-[#109*#114]
#116=#111*[[#108*#114]+[#109*#113]]-[#110*#112]
#117=#112*[[#108*#114]+[#109*#113]]+[#110*#111]
(PONTO RELATADO A G53)
#115=#115+#100
#116=#116+#101
#117=#117+#102
(MOVIMENTO EIXOS A/C)
G90G0G#22A#1C#3
(ESCRITURA NOVA ORIGEM)
#[5201+#121]=#115
#[5202+#121]=#116
#[5203+#121]=#117
#[5204+#121]=#1
#[5205+#121]=#3
(ATIVAÇÃO NOVA ORIGEM)
G90G0G#23
(FINAL MACRO)
M99

```

Lembre-se de comentar muito sobre sua programação porque é fácil de esquecer o significado das operações; claro que o programa pode ser usado pelo CNC sem comentários.

Bem, eu vou parar por aqui
 você pode experimentar e me diga o que pensa.
 Bom trabalho.

badade10@libero.it